

可植入式人工晶状体植入后眼内稳定性及其影响因素

孙燕¹ 综述 盛迅伦² 周激波³ 审校

¹甘肃省康复中心医院眼科,兰州 730000;²兰州爱尔眼视光医院,兰州 730000;³上海交通大学医学院附属第九人民医院眼科,上海 200011

通信作者:周激波,Email:zhoujibo1000@aliyun.com

【摘要】 可植入式人工晶状体(ICL)植入术因其良好的近视矫治效果而广泛开展并日趋成熟。术后 ICL 位置的变化会导致视力下降、并发白内障、青光眼等并发症。本文依据 ICL 型号、测量参数、ICL 周边组织形态、ICL 固定位置等从拱高和旋转 2 个方面总结造成 ICL 稳定性改变的影响因素及预测参数,发现型号选择参数、眼内空间组织参数、晶状体脚襻位置、生理调节等因素均可能影响 ICL/散光型 ICL 的拱高和轴位。对这些因素的正确判断可为规范 ICL 手术、提高 ICL 眼内稳定性、减少并发症提供参考,也是 ICL 手术精确性及可预测性提高的发展趋势。

【关键词】 可植入式人工晶状体;晶状体稳定性;影响因素

基金项目: 国家自然科学基金(82260965);兰州市科技计划项目(2020-ZD-146、2022-3-67、2022-3-20)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20221214-00586

Crystal stability after posterior chamber phakic intraocular lens implantation and its influencing factors

Sun Yan¹, Sheng Xunlun², Zhou Jibo³

¹Department of Ophthalmology, Gansu Rehabilitation Center Hospital, Lanzhou 730000, China; ²Lanzhou Aier Eye Hospital, Lanzhou 730000, China; ³Department of Ophthalmology, Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200011, China

Corresponding author: Zhou Jibo, Email: zhoujibo1000@aliyun.com

【Abstract】 Implantable collamer lens (ICL) is widely used because of its good effect of myopia correction. The change of ICL position after surgery increases the risk of postoperative complications such as vision loss, complications, and glaucoma. This article summarizes the influencing factors and predictive parameters of ICL position change from two aspects of arch height and rotation according to ICL type, measurement parameters, the shape of the surrounding tissue of ICL, and the fixed position of ICL and found that type selection parameters, the parameter change of intraocular spatial tissue, the position of the lens foot loop, physiological adjustment and other factors can affect the arch height and axial position of ICL/toric ICL. Correct assessment of these factors can provide references for standardizing ICL operation, improving ICL stability, and reducing complications. It is also a trend to improve the accuracy and predictability of ICL surgery.

【Key words】 Implantable collamer lens; Crystal stability; Affecting factors

Fund program: National Natural Science Foundation of China (82260965); Lanzhou Science and Technology Plan Project (2020-ZD-146, 2022-3-67, 2022-3-20)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20221214-00586

高度近视在全球范围内发病率日益升高,严重损害视力和健康。以往对于高度近视采用配镜矫治,手段单一、疗效不佳。近年来,可植入式人工晶状体(implantable collamer lens, ICL)植入术是一种将 collamer 胶材料制成的人工晶状体植入睫状沟内以矫治高度近视的手术方式,可有效去除戴镜负担并获得优良的视觉质量,得到广泛认可。ICL 植入后,后房的稳定状态对保证良好手术预测性及减少术后并发症具有重要意义。目前,评估 ICL 植入后稳定性的主要指标包括拱高变化和位

置旋转两方面,ICL 型号、轴位、前后房组织结构及脚襻位置、调节因素、年龄、外力等均可能造成不同程度拱高及轴向改变,使得并发性白内障、继发性青光眼、视力下降等并发症发生风险增加^[1-4]。本文对 ICL 植入术后超声生物显微镜、眼前节光学相干断层扫描仪、三维眼前节分析诊断系统(Pentacam)等检查设备的测量参数进行总结,分析术后 ICL 稳定性的相关因素及预测参数,以期规避术后并发症并提高手术安全性。

1 影响 ICL 术后拱高的因素

拱高是指 ICL 与自然晶状体顶点的垂直距离,拱高变化量即 ICL 高度稳定性,其影响因素包括 ICL 型号、ICL 固定位置以及前后房结构及晶状体厚度参数等^[5]。此外,生理因素(瞳孔大小、扩瞳影响、调节因素、年龄等)以及不同仪器设备之间的测量误差也会间接影响对拱高的判断。拱高也会随着术后时间的延长而发生变化。程蕾等^[6]应用 Pentacam 对 37 例行 ICL V4c 手术的中高度近视患者进行拱高测量,发现大部分患者的拱高在术后 12 个月内均呈降低趋势,这与吴杰等^[7]利用 Pentacam 测量的术后拱高变化情况相一致。

1.1 ICL 型号

ICL 型号的选择主要依据 Staer 公司的在线公式,因此公式中的这些参数对于确定拱高具有重要意义。其中涉及的主要参数包括前房深度(anterior chamber depth, ACD)、角膜水平直径、前房角等。近年来,沟到沟(sulcus to sulcus, STS)直径、晶状体厚度、晶状体的矢高(crystalline lens rise, CLR)(指自然晶状体前表面至两侧房角连线的垂直距离)等均被反复论证为 ICL 型号选择的主要参数;其中 STS 直径被视为优先考虑的理想参数。有研究还发现,晶状体厚度偏厚、CLR 高的患者术后拱高通常偏低,建议对这类患者选择尺寸偏大的 ICL^[8-9]。郭慧青等^[10]对角膜水平直径、ACD 与拱高的变化度进行相关性研究,发现术前角膜水平直径每变化 1 mm 可引起 238 μm 拱高的变化,术前 ACD 每变化 1 mm 可引起 16 μm 拱高的变化。

不同在线公式进行 ICL 型号计算时所采用的参数不同,如 NK 公式采用前房宽度(鼻侧和颞侧的巩膜突之间的距离),而 KS 公式则采用角到角距离(angle to angle, ATA)^[11]。在线公式的计算参数可以有效预测术后拱高。然而,由于个体之间存在差异,对术后拱高的精确预测仍需要准确地识别和量化眼内结构参数。

1.2 ICL 周边组织因素

1.2.1 前后房空间及参数因素 现有研究表明,ICL 术后眼内组织空间形态变化如前房变浅、睫状体厚度改变、晶状体前凸等,均会影响 ICL 的空间稳定性^[12]。Li 等^[13]研究发现,术前 ACD 较浅者术后拱高下降明显;万博等^[14]回顾性研究 140 眼 ICL 植入术术前、术后 1 周、1 个月、3 个月和 1 年拱高,发现其与 ATA 成正相关,认为术前 ATA 较大的患者术后拱高较高且稳定。目前认为,ACD 和 ATA 均为预测拱高的相关因素^[14]。与前房研究情况类似,后房角偏大或适中有利于 ICL 脚襻在睫状沟内过度舒展,造成拱高偏低^[15],后房角偏小会导致 ICL 脚襻支撑于睫状体造成拱高过高,两者拱高差值可达 1 000 μm 以上^[16]。小梁-虹膜夹角(trabecular meshwork-iris angle, TIA)是指以虹膜隐窝为顶点,2 条边分别为通过距巩膜突 500 μm 处的小梁网及相对应处虹膜前表面所形成的夹角,可反映角膜、虹膜、睫状突空间的狭窄程度。Fernández-Vigo 等^[17]对行 ICL 植入术的患者行 OCT 检查评估房角情况时发现,TIA 与拱高具有正相关性,故认为 TIA 是拱高变化的重要影响因素和预测参数,对术前 ICL 型号选择具有指导意义,即 TIA 越大,预测

术后拱高越大,选择 ICL 时可适当偏小。该结果表明,对拱高的预测正由早期的单一数值向更能体现量化意义的参数变化量转变。

Qi 等^[18]研究认为,若术眼自然晶状体凸度较高,仅依据角膜水平直径、ACD 计算结果选择 ICL 型号时时常偏小,建议选择大一号 ICL。彭慧等^[19]使用超声生物显微镜观察 123 例 ICL 植入患眼手术前后眼前节结构,发现术后早期(3 个月),术前虹膜跨度小且与 ICL 接触度低易出现高拱高;术前晶状体较厚,虹膜凸度大易出现低拱高;术后 1 年内,后房容积相关参数可以有效反映后房中压力的作用对拱高的影响。

目前认为某些前后房参数、虹膜-睫状体-晶状体参数如 ACD、ATA、TIA、虹膜跨度、虹膜凸度等对术后拱高的精确判断及拱高稳定性的预测具有重要意义,同时在不同的时间节点如术后 1 个月、3 个月、1 年表现出不同的预测意义。

1.2.2 睫状体形态及参数因素 研究表明,睫状突前位的患者生理状态下存在高褶虹膜形态、晶状体悬韧带松弛,从而引发晶状体前移,导致前房变浅、房角狭窄^[20];这类患者术后 ICL 按压摩擦造成的睫状体水肿增厚等因素均可能加重晶状体前移,故而出现拱高下降的现象。

近年来对 ICL 术后眼前节参数的深入研究发现,ACD、房角开放距离(angle opening distance, AOD₅₀₀)、TIA 值的手术前后差异有统计学意义,小梁-睫状体距离(trabecular ciliary process distance, TCPD)和虹膜-睫状突距离(iris ciliary process distance, ICPD)在术后不同时间点的差异无统计学意义^[21],Wang 等^[22]研究认为,后房结构的参数如睫状体最厚处(ciliary body thickness maximum, CBTmax)、睫状突角(trabecular ciliary angle, TCA)、TCPD、ICPD、虹膜-晶状体悬韧带距离(iris zonule distance, IZD)等均在手术前后发生了显著变化,进一步观察表明,拱高会随着 CBT 的增大及 TCA 的减小而升高^[23],这些参数对术后拱高具有一定的预测性。另外,一些研究发现,原发性闭角型青光眼的 ACD、ICPD、虹膜厚度、AOD₅₀₀、TIA 等定量参数较正常眼发生变化^[24]。近年来发现,ICL 术后具有与 PACS 类似的眼前节改变,如空间尺寸变小、虹膜曲率过大、睫状体前旋等,原发性闭角型青光眼的发生也与虹膜后面积大小及晶状体矢高相关。上述参数在术前 ICL 型号选择及术后拱高测算中的作用日益突出。

对于房角、睫状体、虹膜的形态参数 AOD₅₀₀、CBTmax、IZD 等的研究结果提示功能形态因素可能影响拱高变化,其机制类似于 PACS 的形态改变,但其具体机制的异同尚需进一步深入研究。

1.2.3 ICL 脚襻影响因素 ICL 脚襻稳定支撑于睫状沟内是预判拱高的理想状态,而在临床实际中晶状体襻有可能位于睫状沟内及睫状沟外(上方、下方、睫状突、睫状体)各个位置^[25-26]。Sheng 等^[27]研究认为,脚襻位于睫状沟内的 ICL 拱高低于沟外 ICL。

1.3 生理及调节因素

1.3.1 生理调节因素 生理调节因素对 ICL 术后拱高变化具有一定影响。赖晓娟等^[28]分别于术前及术后 1 d、1 周、1 个月和 3 个月对 66 眼 ICL 术眼进行综合验光、眼前节光学相干断

层扫描及超声生物显微镜检查,发现生理调节使 ICL 每发生 1.00 D 调节,CLR 上升 20 μm ,拱高随之下降。以视近为例,调节发生时瞳孔收缩联合晶状体前移,ICL 前部受虹膜压迫面积增加,拱高下降^[27]。在不同时间节点非调节状态下及最大生理调节下拱高会发生变化,但与自然晶状体间尚存空间距离,其是否影响前囊白内障发生尚需长期观察^[28]。

另外,瞳孔直径因素近年来也逐渐受到关注。有研究显示,小瞳孔直径时,一方面因睫状肌收缩、悬韧带松弛使 STS 牵拉减少可能抬高 ICL 光学部,而另一方面,瞳孔直径与生理调节联动也使晶状体前表面曲率增加、中心前移,拱高降低^[29]。故而进行扩瞳检查会使拱高升高及 ACD 加深、前房角宽度增加,这也是临床上多建议尽量在 ICL 术后 6 个月后进行扩瞳检查的原因,避免因短期内眼压波动引起拱高起伏^[29]。然而也有研究显示,影响拱高的主要因素依然为角膜水平直径、STS、ACD 等,即使因为瞳孔变化造成晶状体与虹膜后表面相接触,瞳孔直径变化依然与 ICL 术后拱高并无显著相关性^[30]。

生理调节因素的特点是动态持久,这种生理机制通过对眼内组织的联动效应改变晶状体位置及高度,其作用近年来愈发引起人们重视。

1.3.2 年龄 临床研究发现,正常人随年龄增长会出现前房变浅、晶状体增厚,使得虹膜晶状体接触面积增大;同时睫状肌萎缩变薄,睫状肌内侧尖端距巩膜突的距离变小,出现睫状肌前移^[29]。因此,随年龄增长,行 ICL 植入术眼晶状体拱高也会随之下降。

2 影响 ICL 术后旋转稳定性的因素

旋转指散光型后房型屈光晶状体 (toric implantable contact lens, TICL) 位置发生转动影响其散光矫治效果,造成术后远期视力及视觉质量下降的现象。其影响因素为 TICL 尺寸及轴位、TICL 所在位置和屈光度、生理因素及外伤等。另外,拱高偏低的 TICL 易发生旋转^[31]。这提示拱高与旋转稳定性间相互影响。

2.1 TICL 尺寸与轴位影响因素

TICL 的旋转性也与其型号选择参数如角膜水平直径、STS 等密切相关。由于眼的解剖特点,其垂直位睫状沟直径较水平位偏大。有研究发现, TICL 晶状体在睫状沟具有趋稳性,当 TICL 拱高偏低时,由于睫状沟内晶状体的活动度较大,原置于水平位附近的 TICL 随时间延长可能向垂直位旋转^[31-32]。TICL 的散光矫正是将 TICL 旋转偏离距眼水平位约 $0^\circ \sim 23^\circ$ 以内的预定角度达到的,而该轴位并非患者的真实散光轴位^[33]。Mori 等^[31]和鲁元媛等^[34]认为, TICL 是否容易偏离预定的轴位与该晶状体预订轴位与水平轴位之间的偏离程度有关,即与水平轴位偏离角度越大,发生旋转的概率越高;而 TICL 每旋转 1° ,对散光的矫正能力会降低 3.3%^[31],散光轴位偏差小于 15° ,散光矫正能力减弱至少 50%;偏差为 $15^\circ \sim 30^\circ$ 无法起到矫正散光的作用;偏差大于 30° 甚至会增加散光^[35-36]。故 TICL 尺寸选择偏小会导致晶状体旋转后轴位偏离,进而造成患者术眼散光增大,视力及视觉质量下降。

2.2 TICL 周边组织影响因素

2.2.1 虹膜影响因素 研究发现, TICL 置于眼内时对其前方虹膜组织具有机械牵拉作用,虹膜组织对 TICL 产生张力,这种张力在上、下、鼻、颞侧的张力分布不平衡被证实是造成术后 TICL 旋转、中心偏位或前后倾斜的影响因素之一^[12]。目前研究认为这种旋转或偏心仅仅是影响稳定性的潜在因素,对患者的视觉影响主要表现为光晕现象,并不会导致 CDVA、UDVA 及像差的改变^[37]。

2.2.2 睫状体及脚襻影响因素 睫状体厚度 (ciliary body thickness, CBT),即睫状突与巩膜平行线到巩膜之间的距离,睫状体厚度增大如水肿可造成睫状体前旋、前移,此时 TICL 易向睫状沟直径大的方向旋转^[27]。睫状体突度反映睫状突突起的高度,是睫状突最高点距离巩膜内表面的垂直距离,常用 T 值来表示^[38]。通常认为, ICL 的理想位置是使脚襻都合适的固定于睫状沟内。而研究发现 CBT、睫状体突度、旋前的形态等均可造成脚襻接触点的深浅不一。结合睫状体结构推测, CBT 与睫状体突度偏大时 TICL 脚襻位于睫状体部,其拱高偏高,具有向直径大的空间旋转的可能;而鲁元媛等^[34]认为 TICL 发生旋转与脚襻的位置有关, TICL 的 4 个脚襻位于睫状体上较位于睫状沟内更加稳定、不易旋转。

虹膜睫状体囊肿在人群中的发生率约为 8%,单个囊肿和单象限囊肿很少影响 ICL 的植入位置,但多象限多个囊肿可能引起其他 ICL 术后拱高异常或 TICL 轴位变化等并发症^[39]。Zeng 等^[40]认为囊肿位于特殊位置时会影响晶状体的旋转稳定性。体积较小的囊肿不会过多影响术后拱高,当囊肿体积较大或者增生引起睫状体肥大时,会通过影响脚襻的固定位置影响拱高或旋转性。目前大多数研究认为术中应尽量避免 TICL 脚襻与虹膜睫状体囊肿接触,以免术后发生 TICL 的倾斜和移位旋转^[36]。

2.3 屈光度影响因素

研究表明,屈光度数较高的 TICL 会向中央凹陷,使拱高相对较高,然而高度近视度数越高,其前房更深、睫状沟直径及空间都较大^[30];按原始屈光度计算(未考虑前房较深等特殊因素)的 TICL 植入后常导致拱高下降,造成其旋转性增加^[33]。由于 TICL 的自发旋转和外伤原因使人工晶状体偏离光学区,大约有 1.5% 患者需行二次手术重新调位,也有研究者认为, TICL 散光值越大,即高的柱镜度数使得人工晶状体自身的对称性下降,增加术后轴位旋转的风险,对高度散光者而言,散光轴位的轻微旋转也会导致术后的残余散光度增加^[40]。

2.4 生理及调节因素

瞳孔收缩、调节变化、年龄等因素通过对眼内结构的联动作用影响 ICL 位置及稳定性的变化^[41]。戚梦莹等^[30]认为,高度近视患者晶状体随年龄增长变厚,相对位置前移,这使得 ICL 更接近自然晶状体,视近调节时瞳孔收缩联合晶状体前移, ICL 前部受虹膜压迫面积增加,同时睫状体前移、睫状突厚度增加, ICL 会向睫状沟直径大的方向旋转^[30]。扩瞳检查对于原拱高较高的患者来说,因睫状肌和瞳孔括约肌麻痹导致对 ICL 的水平向心力减弱,使得自然晶状体变平、拱高明显降低,晶状体旋转可能较大,而对于原拱高不高的患者来说,扩瞳使虹膜对 ICL

的垂直压力降低,反而 ICL 不易发生旋转^[42]。理论上讲,由于年龄增长造成的晶状体拱高下降,也会增加 TICL 的旋转。

2.5 外力因素

Kojima 等^[43]发现外力因素如体育运动、或摔伤等可能造成 ICL 晶状体脱位,造成旋转等位置变化。此类患者再次接受 ICL 复位手术后仍有可能再次发生旋转,推测与外力造成的眼内部结构功能变化有关^[44]。

综上所述,TICL 因轴位变化易引起术后视力下降等并发症,故对于精确度及稳定性的预测要求更高,与拱高有关的参数也会一定程度地造成旋转增大或轴位异常,对这类参数量化指标的归纳整理是提高其预测性的有效方法。目前 ICL 已为中、高度近视者提供了良好的视觉质量,短期内不论视力或组织结构上均具有较好稳定性^[24,34],ICL 拱高及旋转的术后的长期稳定依赖于 ICL 型号的正确选择,前后房组织承受压力变化,虹膜、睫状肌、晶状体、悬韧带等组织在生理调节下的一系列联动等因素的共同作用。随着临床实践与技术水平的进步,我们发现,具有预测意义的稳定性参数从仅依赖于个别基础指标拓展为关注更详细的眼内结构参数及其变量的意义,例如角膜水平直径、前房角、ATA 的变量;AOD₅₀₀、TIA、CBT、TCA, TCPD、ICPD、IZD 等后房、虹膜、睫状体相关参数;同时有些研究者意识到既往在鉴别闭角型青光眼的参数可能对预测 ICL 术后稳定性具有重要临床意义^[45-46]。这体现了当下对 ICL 稳定性的研究向精细化、量化方向进展的趋势,也为未来的研究指明了方向。

利益冲突 所有作者均声明不存在任何利益冲突

参考文献

- [1] 姚琳,白海青.不同放置方向对有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后拱高变化的影响[J].中华眼视光学与视觉科学杂志,2021,23(8):610-614. DOI:10.3760/cma.j.cn115909-20210220-00066. Yao L, Bai HQ. Changes in vault after implantable collamer lens implantation with different posterior chamber positions [J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2021, 23(8): 610-614. DOI: 10.3760/cma.j.cn115909-20210220-00066.
- [2] Chen X, Wang X, Xu Y, et al. Long-term comparison of vault and complications of implantable collamer lens with and without a central hole for high myopia correction: 5 years [J]. Curr Eye Res, 2022, 47(4): 540-546. DOI: 10.1080/02713683.2021.2012202.
- [3] Kocová H, Vlková E, Michalčová L, et al. Incidence of cataract following implantation of a posterior-chamber phakic lens ICL (implantable collamer lens)-long-term results [J]. Cesk Slov Oftalmol, 2017, 73(3): 87-93.
- [4] Moshirfar M, Webster CR, Ronquillo YC. Phakic intraocular lenses: an update and review for the treatment of myopia and myopic astigmatism in the United States [J]. Curr Opin Ophthalmol, 2022, 33(5): 453-463. DOI: 10.1097/ICU.0000000000000870.
- [5] Yang Z, Meng L, Zhao X, et al. Clinical prediction of inadequate vault in eyes with thick lens after implantable collamer lens implantation using iris morphology [J/OL]. Front Med (Lausanne), 2022, 9: 906433 [2023-03-16]. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/35755051. DOI: 10.3389/fmed.2022.906433.
- [6] 程蕾,朱冉,宋超,等.ICL V4c 矫正中高度近视术后 1 年前房稳定性研究[J].中华实验眼科杂志,2021,39(12):1059-1064. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20190413-00180. Cheng L, Zhu R, Song C, et al. Stability of anterior chamber after implantable collamer lens V4c implantation for one year in moderate and high myopic eyes [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2021, 39(12): 1059-1064. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20190413-00180.
- [7] 吴杰,魏静,罗斌,等.Pentacam 辅助有晶状体眼后房型人工晶状体植入术治疗超高度近视的疗效观察[J].中华实验眼科杂志,2013,31(12):1159-1162. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2013.12.014. WU J, Wei J, Luo B, et al. Evaluation of clinical effectiveness of implantable contact lens for high myopia [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2013, 31(12): 1159-1162. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2013.12.014.
- [8] Gonzalez-Lopez F, Bilbao-Calabuig R, Mompean B, et al. Determining the potential role of crystalline lens rise in vaulting in posterior chamber phakic collamer lens surgery for correction of myopia [J]. J Refract Surg, 2019, 35(3): 177-183. DOI: 10.3928/1081597X-20190204-01.
- [9] Zhang J, Shao J, Zheng L, et al. Implantable collamer lens sizing based on measurement of the sulcus-to-sulcus distance in ultrasound biomicroscopy video clips and ZZ ICL formula [J/OL]. BMC Ophthalmol, 2022, 22(1): 363 [2023-03-16]. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/36071422. DOI: 10.1186/s12886-022-02583-9.
- [10] 郭慧青,盛迅伦,孙燕,等.有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后影响拱高的相关因素研究[J].宁夏医学杂志,2015,37(12):1106-1109. DOI: 10.13621/j.1001-5949.2015.12.1106. Guo HQ, Sheng XL, Sun Yan, et al. Correlation factors of vault after collamer lens implantation for high myopia [J]. Ningxia Med J, 2015, 37(12): 1106-1109. DOI: 10.13621/j.1001-5949.2015.12.1106.
- [11] 厉斌,方学军,吴德,等.基于 NK 公式和 KS 公式预测 ICL 术后早期拱高的一致性研究[J].山东大学耳鼻喉眼学报,2021,35(6):33-41. DOI: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2021.346. Li B, Fang XJ, Wu D, et al. Agreement study of implantable collamer lens based on NK and KS formulas in the early stage after surgery [J]. J Otolaryngol Ophthalmol Shandong Univ, 2021, 35(6): 33-41. DOI: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2021.346.
- [12] 官琳,王金锐,傅培,等.超声生物显微镜观察睫状突形态与青光眼的关系[J].中国医学影像技术,2010,26(4):651-654. Gong L, Wang JR, Fu P, et al. Observation of relationship between morphology of ciliary body and glaucoma with ultrasound biomicroscopy [J]. Chin J Med Imaging Technol, 2010, 26(4): 651-654.
- [13] Li B, Chen X, Cheng M, et al. Long-term vault changes in different levels and factors affecting vault change after implantation of implantable collamer lens with a central hole [J]. Ophthalmol Ther, 2023, 12(1): 251-261. DOI: 10.1007/s40123-022-00606-8.
- [14] 万博,李东辉,罗岩,等.中心孔型有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后拱高变化及相关因素分析[J].山东大学耳鼻喉眼学报,2020,34(2):36-41. DOI: 10.6040/j.issn.1673-3770.1.2020.008. Wan B, Li DH, Luo Y, et al. Lens vault changes and associated factors after implantation of implantable collamer lenses with central flow [J]. J Otolaryngol Ophthalmol Shandong Univ, 2020, 34(2): 36-41. DOI: 10.6040/j.issn.1673-3770.1.2020.008.
- [15] Takagi Y, Kojima T, Nishida T, et al. Prediction of anterior chamber volume after implantation of posterior chamber phakic intraocular lens [J/OL]. PLoS One, 2020, 15(11): e0242434 [2023-03-22]. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33196664. DOI: 10.1371/journal.pone.0242434.
- [16] 崔同峰,周进,王铮.ICL 植入术后异常拱高相关影响因素[J].中华眼视光学与视觉科学杂志,2019,21(7):534-539. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2019.07.009. Cui TF, Zhou J, Wang Z. Retrospective analysis of factors affecting abnormal vault after ICL implantation [J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2019, 21(7): 534-539. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2019.07.009.
- [17] Fernández-Vigo JI, Macarro-Merino A, Fernández-Vigo C, et al. Effects of implantable collamer lens V4c placement on iridocorneal angle measurements by fourier-domain optical coherence tomography [J]. Am J Ophthalmol, 2016, 162: 43-52. DOI: 10.1016/j.ajo.2015.11.010.
- [18] Qi MY, Chen Q, Zeng QY. The effect of the crystalline lens on central vault after implantable collamer lens implantation [J]. J Refract Surg, 2017, 33(8): 519-523. DOI: 10.3928/1081597X-20170602-02.
- [19] 彭慧,王芳,李金键,等.从力学角度探讨有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后拱高的影响因素[J].中华眼科杂志,2022,58(8):615-623. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20220214-00060. Peng H, Wang F, Li JJ, et al. Mechanical analysis of the impact of the morphology of the iris and ciliary body on the central vault after posterior chamber phakic intraocular lens implantation [J]. Chin J Ophthalmol, 2022, 58(8): 615-623. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20220214-00060.
- [20] Xu Y, Tan Q, Li C, et al. The ocular biometry characteristics of young patients with primary angle-closure glaucoma [J/OL]. BMC

- Ophthalmol, 2022, 22 (1) : 150 [2023 - 03 - 22]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/35365113>. DOI: 10. 1186/s12886-022-02374-2.
- [21] 王瑞娜, 郑广瑛, 王松田, 等. UBM 量化观察有晶状体眼后房型人工晶状体植入术前后眼前节形态的变化 [J]. 中华眼科杂志, 2011, 47 (9) : 815 - 819. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0412-4081. 2011. 09. 011.
- Wang RN, Zheng GY, Wang ST, et al. Quantitative observation on changes of anterior segment by ultrasound biomicroscopy after posterior chamber phakic intraocular lens implantation [J]. Chin J Ophthalmol, 2011, 47 (9) : 815 - 819. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0412-4081. 2011. 09. 011.
- [22] Wang Q, Fan L, Zhou Q. The best choice for low and moderate myopia patients incapable for corneal refractive surgery: implantation of a posterior chamber phakic intraocular lens [J]. Int Ophthalmol, 2023, 43 (2) : 575 - 581. DOI: 10. 1007/s10792-022-02459-3.
- [23] Lisa Fernández C, Alió Del Barrio J, Alvarez-Rementería Capelo L, et al. State of refractive surgery with Visian ICL posterior chamber phakic lens in Spain [J]. Arch Soc Esp Oftalmol (Engl Ed), 2023, 98 (2) : 98 - 104. DOI: 10. 1016/j. oftale. 2022. 06. 018.
- [24] Ma J, Jiang N, Jiang Z, et al. Ultrasound biomicroscopy observation of suspicious primary angle closure combined with the relaxation of zonule [J/OL]. J Ophthalmol, 2022, 2022 : 1614678 [2023 - 03 - 26]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/35309110>. DOI: 10. 1155/2022/1614678.
- [25] Wang Q, Fan L, Zhou Q. The best choice for low and moderate myopia patients incapable for corneal refractive surgery: implantation of a posterior chamber phakic intraocular lens [J]. Int Ophthalmol, 2023, 43 (2) : 575 - 581. DOI: 10. 1007/s10792-022-02459-3.
- [26] Zhang X, Chen X, Wang X, et al. Analysis of intraocular positions of posterior implantable collamer lens by full-scale ultrasound biomicroscopy [J/OL]. BMC Ophthalmol, 2018, 18 (1) : 114 [2023 - 03 - 26]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29743110>. DOI: 10. 1186/s12886-018-0783-5.
- [27] Sheng XL, Rong WN, Jia Q, et al. Outcomes and possible risk factors associated with axis alignment and rotational stability after implantation of the Toric implantable collamer lens for high myopic astigmatism [J]. Int J Ophthalmol, 2012, 5 (4) : 459 - 465. DOI: 10. 3980/j. issn. 2222-3959. 2012. 04. 10.
- [28] 赖晓娟, 李志敏, 谷浩. 可植入接触镜屈光手术后调节与拱高的关系 [J]. 中华实验眼科杂志, 2014, 32 (12) : 1111 - 1116. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2014. 12. 013.
- Lai XJ, Li ZM, Gu H. Relationship between accommodation and lens vault following implantable contact lens surgery [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2014, 32 (12) : 1111 - 1116. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2014. 12. 013.
- [29] Xiong Y, Mao Y, Li J, et al. Vault changes and pupillary responses to light in myopic and toric implantable collamer lens [J/OL]. BMC Ophthalmol, 2021, 21 (1) : 366 [2023 - 03 - 26]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34656092>. DOI: 10. 1186/s12886-021-02119-7.
- [30] 戚梦莹, 陈茜, 曾庆延. 高度近视人群晶状体厚度和位置变化及其影响因素 [J]. 中国实用眼科杂志, 2017, 35 (3) : 256 - 260. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1006-4443. 2017. 03. 008.
- Qi MY, Chen Q, Zeng QY. Changes of lens thickness, position and influence factors in high myopia [J]. Chin J Pract Ophthalmol, 2017, 35 (3) : 256 - 260. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1006-4443. 2017. 03. 008.
- [31] Mori T, Yokoyama S, Kojima T, et al. Factors affecting rotation of a posterior chamber collagen copolymer toric phakic intraocular lens [J]. J Cataract Refract Surg, 2012, 38 (4) : 568 - 573. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2011. 11. 028.
- [32] Huang W, Ji Y, Zheng S, et al. The effectiveness and rotational stability of vertical implantation of the implantable collamer lens for the treatment of myopia [J]. J Refract Surg, 2022, 38 (10) : 641 - 647. DOI: 10. 3928/1081597X-20220831-01.
- [33] 熊洁, 张辰星, 罗启惠, 等. 有晶状体眼后房型散光人工晶状体植入术后二次调位手术的适应证及其有效性和稳定性 [J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2015, 17 (8) : 463 - 467. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1674-845X. 2015. 08. 004.
- Xiong J, Zhang CX, Luo QH, et al. A retrospective study on indication, effectiveness and stability of toric implantable collamer lens reposition [J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2015, 17 (8) : 463 - 467. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1674-845X. 2015. 08. 004.
- [34] 鲁元媛, 杨娜, 李雪冬, 等. 有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后人工晶状体位置异常原因的分析 [J]. 国际眼科杂志, 2016, 16 (5) : 848 - 851. DOI: 10. 3980/j. issn. 1672-5123. 2016. 5. 14.
- Lu YY, Yang N, Li XD, et al. Analysis on shift and rotation of intraocular lens after phakic collamer lens implantation [J]. Int Eye Sci, 2016, 16 (5) : 848 - 851. DOI: 10. 3980/j. issn. 1672-5123. 2016. 5. 14.
- [35] Hashem AN, El Danasoury AM, Anwar HM. Axis alignment and rotational stability after implantation of the toric implantable collamer lens for myopic astigmatism [J]. J Refract Surg, 2009, 25 (10 Suppl) : S939 - S943. DOI: 10. 3928/1081597X-20090915-08.
- [36] 唐磊, 廖荣丰. 有晶状体眼后房型人工晶体植入矫正高度近视合并散光研究进展 [J]. 安徽医学, 2016, 37 (9) : 1185 - 1187, 1188. DOI: 10. 3969/j. issn. 1000-0399. 2016. 09. 042.
- [37] Niu L, Zhang Z, Miao H, et al. Effects of tilt and decentration of Visian implantable collamer lens (ICL V4c) on visual quality: an observational study [J/OL]. BMC Ophthalmol, 2022, 22 (1) : 294 [2023 - 03 - 28]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/35790941>. DOI: 10. 1186/s12886-022-02499-4.
- [38] 刘新敏, 李思珍, 王大博, 等. 近视眼房角及相关组织结构形态的生物测量和分析 [J]. 中华实验眼科杂志, 2015, 33 (6) : 525 - 530. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2015. 06. 010.
- Liu XM, Li SZ, Wang DB, et al. Biomeasurement and analysis of the anterior chamber angle and related tissues in myopia eyes [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2015, 33 (6) : 525 - 530. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2015. 06. 010.
- [39] Li Z, Xu Z, Wang Y, et al. Implantable collamer lens surgery in patients with primary iris and/or ciliary body cysts [J/OL]. BMC Ophthalmol, 2018, 18 (1) : 287 [2023 - 03 - 30]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30400839>. DOI: 10. 1186/s12886-018-0935-7.
- [40] Zeng QY, Xie XL, Chen Q. Prevention and management of collagen copolymer phakic intraocular lens exchange: causes and surgical techniques [J]. J Cataract Refract Surg, 2015, 41 (3) : 576 - 584. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2014. 06. 036.
- [41] 杜玲芳, 谭华霞, 何芳, 等. TICL 植入术与 ICL 植入联合 LASEK 术治疗超高度近视合并散光患者的疗效观察 [J]. 临床眼科杂志, 2019, 27 (6) : 518 - 522. DOI: 10. 3969/j. issn. 1006-8422. 2019. 06. 009.
- Du LF, Tan HX, He F, et al. Effect of TICL implantation and ICL implantation combined with LASEK on patients with extremely high myopia and astigmatism [J]. J Clin Ophthalmol, 2019, 27 (6) : 518 - 522. DOI: 10. 3969/j. issn. 1006-8422. 2019. 06. 009.
- [42] 常巍腾, 于志强. 有晶状体眼人工晶状体植入术后拱高的影响因素和测量技术 [J]. 中国眼耳鼻喉科杂志, 2022, 22 (5) : 529 - 534. DOI: 10. 14166/j. issn. 1671-2420. 2022. 05. 024.
- Chang WT, Yu ZQ. Influencing factors and measuring techniques of vault after implantable collamer lens implantation [J]. Chin J Ophthalmol Otorhinolaryngol, 2022, 22 (5) : 529 - 534. DOI: 10. 14166/j. issn. 1671-2420. 2022. 05. 024.
- [43] Kojima T, Kitazawa Y, Nakamura T, et al. Multicenter survey on implantable collamer lens dislocation [J/OL]. PLoS One, 2022, 17 (2) : e0264015 [2023 - 03 - 31]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/35157743>. DOI: 10. 1371/journal.pone.0264015.
- [44] Wei W, Yu X, Yang L, et al. Diode laser transscleral cyclophotocoagulation causes intraocular collamer lens displacement in pseudophakic eye: a case report [J/OL]. BMC Ophthalmol, 2021, 21 (1) : 268 [2023 - 03 - 31]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34187412>. DOI: 10. 1186/s12886-021-02026-x.
- [45] Mansoori T, Balakrishna N. Anterior segment morphology in primary angle closure glaucoma using ultrasound biomicroscopy [J]. J Curr Glaucoma Pract, 2017, 11 (3) : 86 - 91. DOI: 10. 5005/jp-journals-10028-1230.
- [46] Bu Q, Hu D, Zhu H, et al. Swept-source optical coherence tomography and ultrasound biomicroscopy study of anterior segment parameters in primary angle-closure glaucoma [J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2023, 261 (6) : 1651 - 1658. DOI: 10. 1007/s00417-022-05970-6.

(收稿日期:2023-11-16 修回日期:2024-06-20)

(本文编辑:张宇 骆世平)